

## カラマツ同一等級構成集成材の割裂接着強さ

本多 琢己

Adhesion Strength by Cleavage Test of Glued Laminated Timber made from Single-Grade Laminae.

Takumi HONDA

**Summary :** The adhesion strength of homogeneous-grade glued laminated timber using Japanese Larch evaluated by strength testing in cleavage. Cleavage strength of specimens increased with increases in its density. Various factors appeared to be involved with the failure fatigues, such as the density, modulus of elasticity of lumber and bondline thickness.

Double cantilever beam specimens were used to test the effects of bondline thickness on the Fracture energy of API (aqueous polymer isocyanate) -wood adhesive joints. Samples were prepared with variable bondline thickness. Fracture energy increases slowly with bondline thickness (in the range 100-400  $\mu\text{m}$ ) then jumps considerably (500  $\mu\text{m}$ ).

Structural lumber of Japanese Larch used for glued laminated timbers graded with modulus of elasticity measured by the dead weight method. The measuring points within a piece of lumber were 40 and the distance between adjacent points was 6 cm. Difference between the means and the lowest values of modulus of elasticity within a piece of lumber are large.

**要旨 :** 2液性接着剤を使用する集成材の製造において、接着強さのばらつきを小さくすることは、コスト的に有利であると考えられる。同一等級構成構造用集成材の接着性能を割裂強さで評価した。割裂強さは、同一構成内でも長さ方向のばらつきが大きかったが、比重と正の相関が認められた。割裂強さのばらつきの主な要因には、試験体の比重、ヤング係数や接着層の厚さなどが複合的にかかわっていると考えられる。API樹脂で結合したカラマツ材の接着層の破壊じん性に及ぼす接着層の厚さの影響を調べた。測定範囲 (0.1-0.5  $\mu\text{m}$ ) 内では破壊じん性は接着層の厚さに比例して大きくなった。日常的に生産されている構造用集成材に用いられるカラマツラミナの長さ方向のヤング係数の変動を明らかにした。ラミナ内ヤング係数の平均値と最小値の差が大きい傾向がみられた。

### 1 はじめに

集成材の生産量は比較的堅調に推移しているものの、輸入製品や他社製品との間で依然として厳しい価格競争を強いられている。また、集成材工業で使用する接着剤は石油化学製品であり、製造コストに占めるその割合が大きいことから、原油価格の及ぼす影響は大きい。しかも、原油価格の上昇局面が続いている近年のような状況下では、いかに製品価値を落とさずに製造コストを削減するかがとりわけ大切である。

小規模の集成材工場の場合、品質管理に起因するトラブルを迅速に解決することは、製造コストの低コスト化に極めて有効であると考えられる。以下に述べるように、集成材工場においては品質管理に関して技術開発の余地

がある。剥離などが基準を満足しない場合、原因究明に多大な労力を要するばかりでなく、その間の出荷停止による減収を招いてしまう。そのため製造条件に対応した接着データを収集しておく必要がある。そうすれば、トラブル解消も比較的早いものと考えられるが、大規模工場のように自主検査体制が充実していない限り、工場自ら多くのデータを集めることは困難であろう。一方、接着剤メーカーのデータでは工場ごとの製造環境が必ずしも考慮されているとは限らない。さらに等級アップに直接影響しない過剰な品質は避ける必要がある。そのため、過剰部分の削減について接着性能面から詳細に追求する必要がある。

本研究では、工場から日常的に生産されるカラマツ構造用集成材について、接着強さを詳細に把握するため、

長さ方向及び幅方向におけるその分布を明らかにする。  
 また、木材接着に関与する因子のうち被着材に由来する  
 比重の影響について検討する。

## 2 実 験

### 2.1 集成材の割裂接着試験

試験体は、日常的に工場で生産されている5Plyのカラマツ構造用集成材で、目視等級2等の同一等級ラミナで構成されている。また、接着剤は水性高分子-イソシアネート系樹脂接着剤（API樹脂接着剤）が使用されている。これから、JIS K 6853-77（接着剤の割裂接着強さ試験方法）に準じた Fig.1 に示す形状の試験片を長さ方向に連続して採取した。接着層は外側から2番目までを対象とし、幅方向を4分割した。接着層に節を含むのが明らかな部分は除外した。切り欠き先端に両刃カミソリで約1mmのクラックを導入し、クロスヘッドス

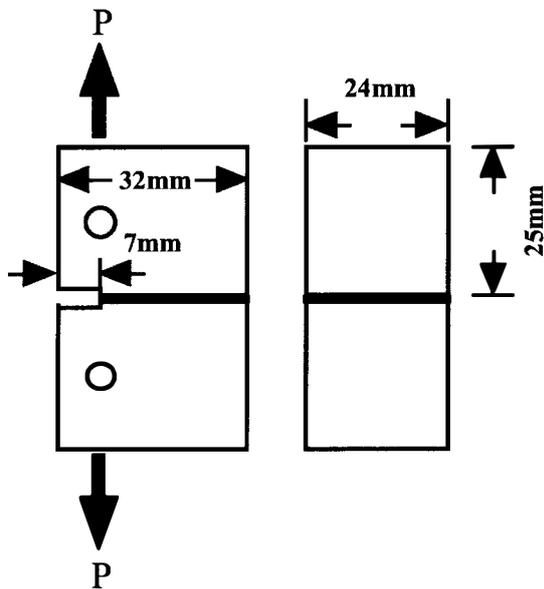


Fig. 1 割裂接着強さ測定用の試験片の形状

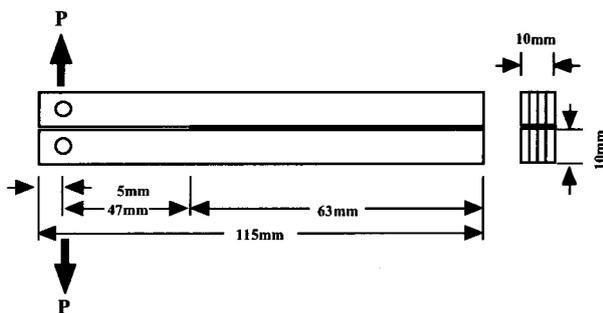


Fig. 2 破壊じん性測定用の試験片の形状

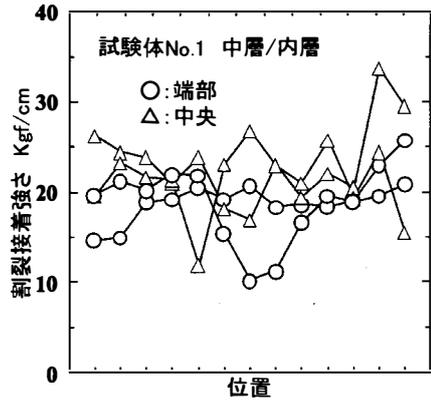
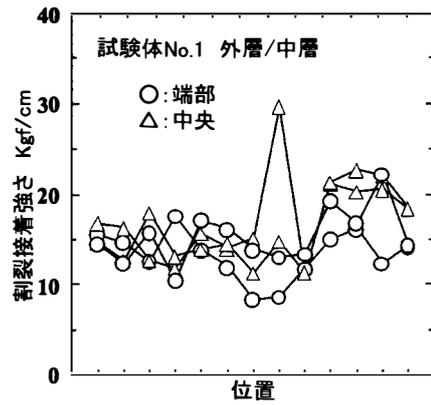


Fig. 3 長さ方向における接着強さの分布

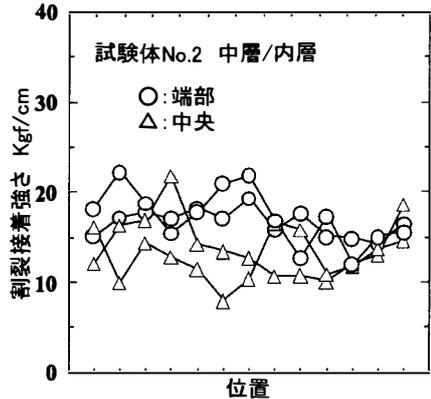
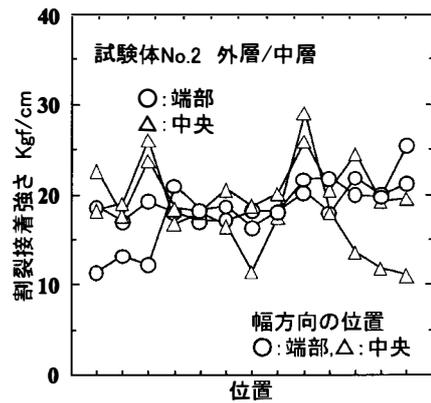


Fig. 4 長さ方向における接着強さの分布

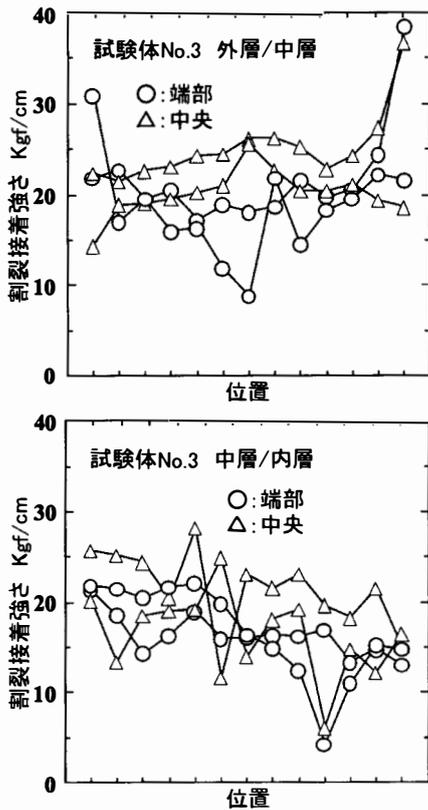


Fig. 5 長さ方向における接着強さの分布

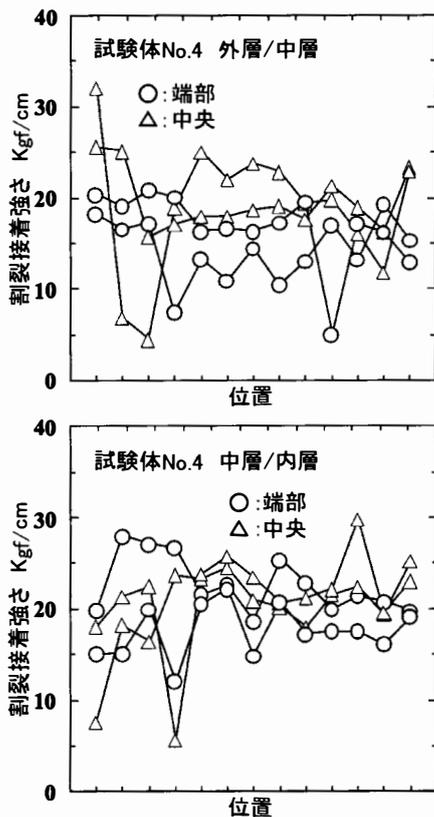


Fig. 6 長さ方向における接着強さの分布

ピード 5 mm/min の条件で測定した。

## 2.2 破壊じん性試験

2重片持ち梁 (DCB) 試験体を作製し、モード I の破壊じん性 ( $G_{IC}$ ) をクロスヘッドスピード 1 mm/min で測定した。試験体の形状は Fig.2 のごとくで、全長 115 mm、接着層は荷重点から 47 mm-110 mm の間である。テフロンシートを挿入することにより、接着層の厚さを 0.1、0.2、0.3、0.4 及び 0.5 mm の 5 段階に調整した。被着体はカラマツの心材で、接着剤の塗布量は 250 g/m<sup>2</sup> で柾目面接着とし、圧縮圧 0.98 Mpa、室温で 2 hr 硬化させた。なお、集成材工場で日常的に機械等級区分されているカラマツ乾燥ラミナ (L110) を供試材料とした。接着剤は API 樹脂 (ピーアイボンド 5300、大鹿振興(株)社製) で、主剤に対し架橋剤を 15 部混合した。20°C65%RH の環境において 4 週間以上養生した後、常態試験及び煮沸試験 (煮沸 6 hr→60°Cで 18 hr 乾燥) を行った。

破壊じん性  $G_{IC}$  は高谷らの報告<sup>1)</sup> を参考に Sasaki-Walsh の式<sup>2)</sup> から算出した。木破率は接着層の先端から 1 cm までの範囲を 1 mm 透明方眼紙を当てて測定した。

## 2.3 ラミナのヤング係数の測定

前記のカラマツ乾燥ラミナ (長さ 4000 mm 幅 130 mm 厚さ 30 mm) を供試材料とした。長さ方向のヤング係数は、スパン 120 cm、中央集中荷重の重垂法により、ラミナの両端 80 cm を除き 6 cm ピッチで測定した。

## 3 結果及び考察

### 3.1 集成材の割裂接着強さの分布

長さ方向に連続して測定した割裂接着強さの分布を Fig.3 から Fig.6 に示す。割裂接着強さは、いずれの試験体においても採取位置に対しバラツキが大きい。幅方向の比較では、割裂接着強さの平均値は中央部が端部よりも大きかった。中央部は未成熟材が含まれる可能性が高くなり、中央部の平均比重は端部よりもやや低めであった。このことから、接着剤の浸透性が良い未成熟材の割合が中央部で高いため、中央部の接着強さが大きいと考えられる。一方、積層方向の比較では、接着層の位置による大小は試験体ごとに異なっていた。

割裂接着強さと試験片の平均比重及び比重差の関係を Fig.7 から Fig.10 に示す。幅方向の位置による区分は

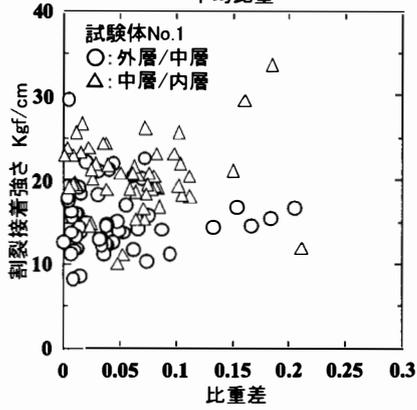
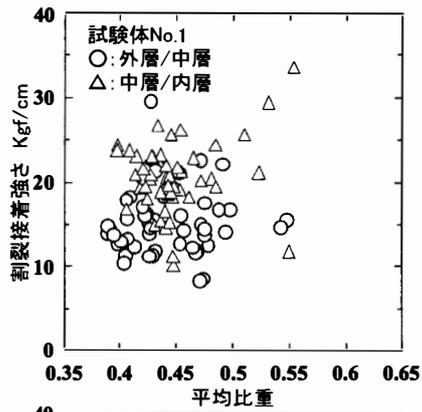


Fig. 7 接着強さと比重

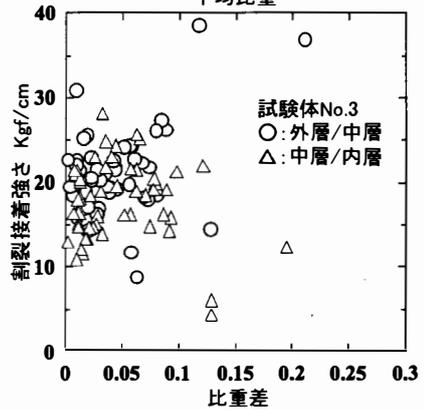
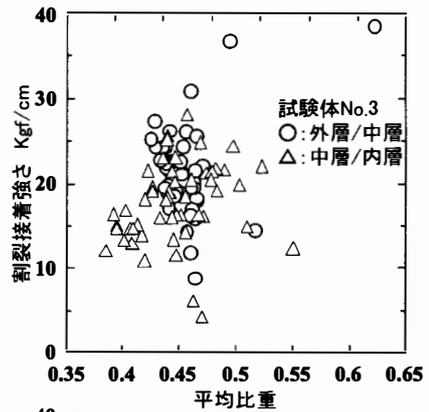


Fig. 9 接着強さと比重

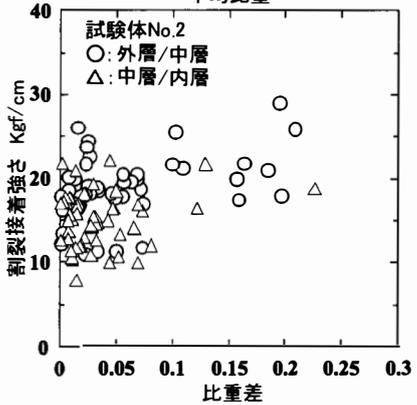
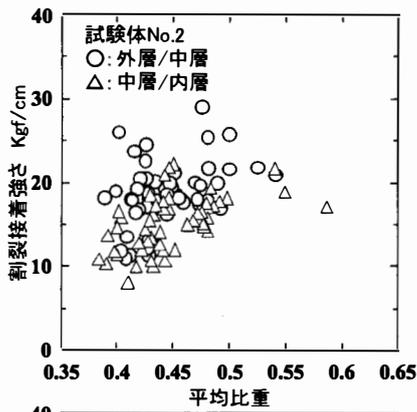


Fig. 8 接着強さと比重

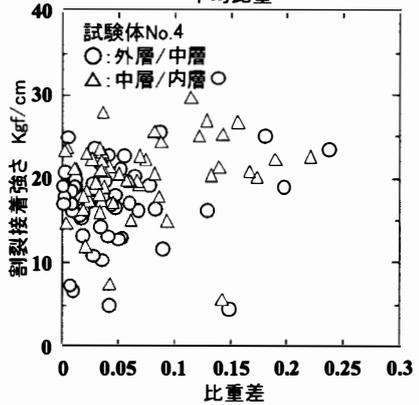
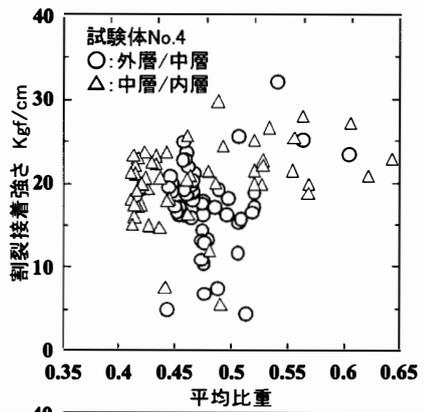


Fig. 10 接着強さと比重

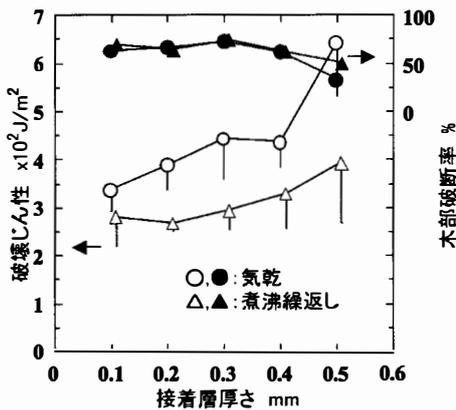


Fig.11 破壊じん性と接着層厚さ

行わず、接着層ごとに同じグループとして扱った。ここで、接着強さの測定後に、接着層で2分割された試験片のそれぞれについて比重を算出し、両者の平均値を平均比重とし、また両者の差を比重差と定義した。平均比重、比重差のバラツキは両者とも大きく、およそ平均比重が0.35-0.65、比重差が0-0.25の範囲にある。それに対応するように割裂接着強さも広範囲に分布している。このことから、割裂接着強さの試験体内における分布には、試験片の比重のバラツキの影響が大きいと考えられる。

### 3.2 接着層の厚さが破壊じん性に及ぼす影響

比重分布のある被着体を圧縮した場合、接着面の圧縮圧分布が不均一となり、被着体相互の密着に良否が生じることから、接着層の厚さが不連続になると考えられる。そこで、接着強さに及ぼす接着層の厚さの影響を調べた。Fig.11に示すように、破壊じん性値は、接着層の厚さの増加に比例し大きくなった。一般的に、接着層が極端に薄ければ欠こう部が増加すること、また厚ければ欠陥を含む可能性が大きくなることから、このような場合に

は接着強さが低下して<sup>3)</sup>、接着強さのグラフは接着層の厚さに対して凸を呈す。

Fig.11においては、接着強さの代わりに破壊じん性を、また接着層の厚さの実測値の代わりにテフロンシート厚さを用いているものの、実際の接着層厚さも、一般的な接着強さの増加に対応する範囲にあると考えられる。木部破断率を考慮すると、実験の範囲内においては、接着層は欠こうを生じるほど薄くはなく、かつその密着状態は欠陥を含むほど悪くはないと考えられる。

実際の集成材製品においても、接着層厚さが不連続であるため、それに起因する接着力の大きい箇所と小さい箇所が存在する。その接着力の小さい箇所から微少な破壊が発生しても、やがて全体の破壊に至るようなことはないと考えられる。すなわち、割裂接着強さに対し支配的なのは、接着力の小さい箇所ではなく、むしろ大きい箇所との境界付近であり、そこに応力集中が生じるものと推察する。

### 3.3 ラミナの長さ方向におけるヤング係数の分布

木材のヤング係数は比重に比例することから、ラミナ内のヤング係数を長さ方向に調べた。結果の一例をFig.12に示す。この例では、ヤング係数の平均値で等級区分した場合、両者ともにL110等級であるが、最大値と最小値の差は、○が約8.37 Mpa、●が約3.89 Mpaであり、相当な違いがあるのが分かる。同一等級ラミナであってもヤング係数のバラツキの少ない材料で製造すれば、製品の接着強さのバラツキを少なくできる可能性がある。

## 4 まとめ

工場から日常的に生産されるカラマツ構造用集成材について、割裂接着強さの長さ方向及び幅方向における分布を明らかにした。割裂接着強さに関与する因子のうち被着材に由来する比重との関係で整理した。ラミナ内のヤング係数の分布は、比重の分布に関係することから、接着層の厚さが不連続になるものと考えられる。

## 文献

- 1) 高谷政広, 浜田良三, 佐々木光.: 木材学会誌, 30, 124-138 (1984)
- 2) 佐々木光, P.F. Walsh: 材料, 26, 453-459 (1977).

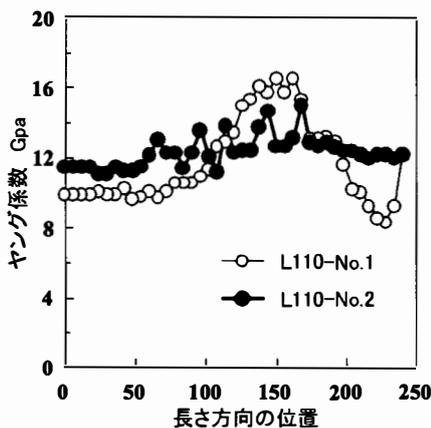


Fig.12 ラミナ内のヤング係数の変動

- 3) 富田文一郎編集：“木材の接着・接着剤”，産調出版，  
東京，1996，pp.64-65.